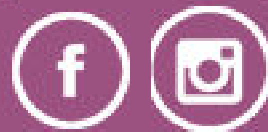


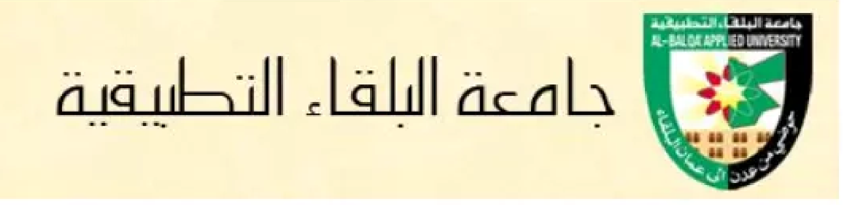


قسم الكيماوي

مختبر قياس وتحكم

اعداد: م.رائدة طشطوش





كلية الحصن الجامعية

قسم الهندسة الكيميائية

مختبر قياس وتحكم/دبلوم

اعداد :

م. رائده حسين طشطوش

الفهرس



الشكل (1) جهاز قياس درجة الحرارة

تجربة (1) قياس درجات الحرارة

الهدف:

1- التعرف على أجزاء و تطبيقات موازيين الحرارة التمددية (ميزان الحرارة المعبأ بالسائل، ميزان الحرارة المعتمد على الضغط البخاري و ميزان الحرارة ثنائي المعدن)

2- التعرف على أجزاء وتطبيقات موازيين الحرارة المباشرة (الازدواج الحراري ، موازيين الحرارة ذو المقاومة الكهربائية)

النظرية:

لأن درجة الحرارة متغير مهم في كثير من النظم الهندسية، فإن أي مهندس يجب أن يكون ملماً بالطرق الأساسية لقياسها .

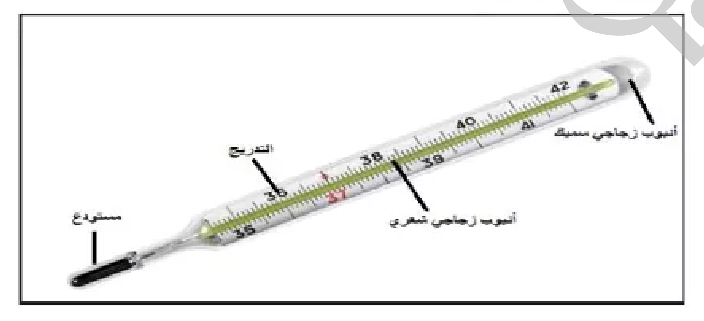
تظهر حساسات الحرارة في المباني وفي نظم العمليات الكيميائية وفي الماكينات ووسائل النقل والأجهزة والكمبيوترات وكثير من الأجهزة الأخرى التي تحتاج مراقبة درجة الحرارة والتحكم فيها.

بما أن كثير من الظواهر الطبيعية تعتمد علي درجة الحرارة، يمكننا استخدام هذا الارتباط لقياس درجة الحرارة بشكل غير مباشر عن طريق قياس كميات مثل الضغط أو الحجم أو المقاومة الكهربية أو الانفعال ثم تحويل قيمة الكمية باستخدام العلاقة بين الكمية ودرجة الحرارة.

1- **موازيين الحرارة التمددية**

- **ميزان الحرارة المعبأ بالسائل:**

وهو عبارة عن أنبوب شفاف ومدرج، يحتوي بداخله على سائل إمّا أن يكون من الكحول، ويسمّى الميزان الكحوليّ، أو من الزئبق ويسمى الميزان الزئبقيّ، ويوجد هذا السائل في بصيلة في قاعدة الأنبوب، بحيث إذا ارتفعت درجة الحرارة يتمدّد هذا السائل، ليصل إلى تدريج معيّن وبهذا يعطينا قياس درجة حرارة، وفي حال انخفاض درجات الحرارة فإن السائل يتقلّص عائداً إلى البُصيلة، ليعطينا بذلك قياس درجة حرارة أخرى، وعادةً ما يستعمل الميزان الزئبقيّ بشكل أكبر من الميزان الكحوليّ، ومن أشهر أمثلة هذه الموازين هو ميزان الحرارة الزئبقي الطبّيّ والمخصّص لقياس درجة حرارة الجسم. ولا يمكن استخدامة في المجال الصناعي وذلك لسهولة كسرة وسمومية الزئبق الخطرة. إن الحد العلوي لمدى القياس هو في العادة $315\ ^{0}C$.



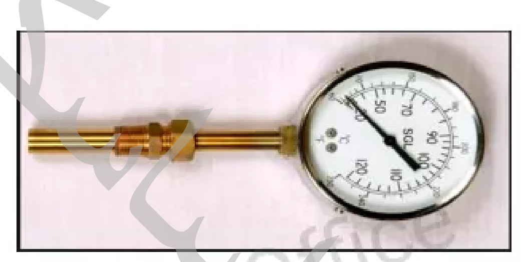
الشكل (1) الميزان الزجاجي المملوء بالزئبق

- **ميزان الحرارة المعتمد على الضغط البخاري**

ضغط بخار السائل هو ضغط السائل في حالة توازن الطور السائل مع الطور البخاري. عند ارتفاع درجة الحرارة تؤدي الى زيادة في تحول جزيئات السائل إلى جزيئات غاز، وخلق حالة من التوازن بين السائل والبخار، وكذلك يؤدي الى زيادة الضغط. هذه الحرارة حساسة جدا ولكن ليس على النطاق الخطي. ان العلاقة بين الضغط البخاري و درجة الحرارة غير خطية و بالتالي فإن حساسيته تزداد عند درجات الحرارة العالية.

دقة القياس هي 1%. ومدى درجات الحرارة من ($-20\ ^0C$) – ($280\ ^0C$) تبعا لطبيعة الغاز (البيوتان والبروبان، والأمونيا ...).

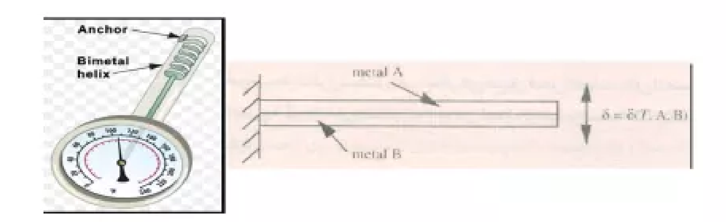
من ميزات هذا النوع من موازيين الحرارة أنه يستخدم للقياس عن بعد في المجال الصناعي والمعدات الصناعية، الأنابيب، المراجل، وخطوط الانابيب، التدفئة والتبريد والتهوية .



الشكل (2) ميزان حرارة معتمد على الضغط البخاري

- **ميزان الحرارة ثنائي المعدن**

هو جهاز لقياس درجة الحرارة غير كهربائي، وهو يستخدم في نظم التحكم البسيطة. من الشكل يتضح أنه يتكون من طبقتين أو أكثر من المعدن ، لكل طبقة معامل تمدد حراري مختلف عن الأخرى . بصفة دائمة تكون هذه الطبقات مرتبطة ببعضها البعض ، عندما تتغير درجة الحرارة يحدث تشوه في شكل بناء المجموعة . هذا ناتج عن اختلاف التمددات الحرارية للطبقتين المعدنيتين. فمبدأ عمله يعتمد على الاختلاف في معامل التمدد الطولي لمعدني هذا الميزان. يستخدم في المجال الصناعي وخاصة في أجهزة التحكم بدرجة الحرارة نوع (on/off controller) و الأفران الصناعية و المجففات، يتميز بحساسيته العالية في قياس درجة الحرارة. قد يصل مدى درجات الحرارة الى $260\ ^0C$.

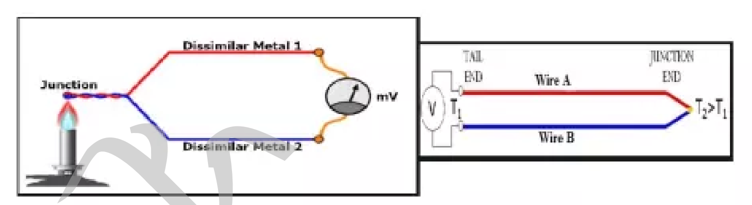


الشكل (3) ميزان حراري ثنائي المعدن

2- موازيين الحرارة المباشرة

- **الازدواج الحراري**

وهو عبارة عن سلكيين معدنيين مختلفين متصلين معا بطرف واحد عند تسخين هذا الطرف فإن قوة دافعة كهربائية سوف تتولد يمكن الكشف عنها بوصل الطرفين الاخرين للسلكين بجهاز مللي فولتميتر.



الشكل (4) الازدواج الحراري

يستخدم الازدواج الحراري في كل المصانع تقريبا حيث يمكنه تحمل درجات حراريه عاليه جداً تتجاوز $1000\ ^0C$ وايضاً يقوم بإعطاء قيم حقيقية وصحيحة ونسبه الخطأ لا تتجاوز $3\ ^0C$. يستخدم هذا الحساس الحراري في المكائن والمولدات والتوربينات البخارية والغازية ويستخدم في أفران الصهر والمعالجة الكهربائية.

- **أنواع الازدواجات الحرارية:**

Type	Material		Color Code	Range (°C)	
Thermocouple Grade	Positive Wire	Negative Wire		Minimum	Maximum
J	Iron	Constantan		0	750
K	Chromel	Alumel		-200	1250
T	Copper	Constantan		-200	350
E	Chromel	Constantan		-200	900

الشكل (5) أنواع الازدواجات الحرارية

- **موازيين الحرارة ذو المقاومة الكهربائية**

هذه الموازيين معروفة بالمصطلح RTD (Resistance Thermometer device) وهو يتكون من سلك معدني ملفوف حول قلب من السيراميك أو الزجاج محكمة الغلق . تزداد مقاومة السلك المعدني بارتفاع درجة الحرارة . العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة عادة يتم تقريبها إلي العلاقة الخطية التالية:

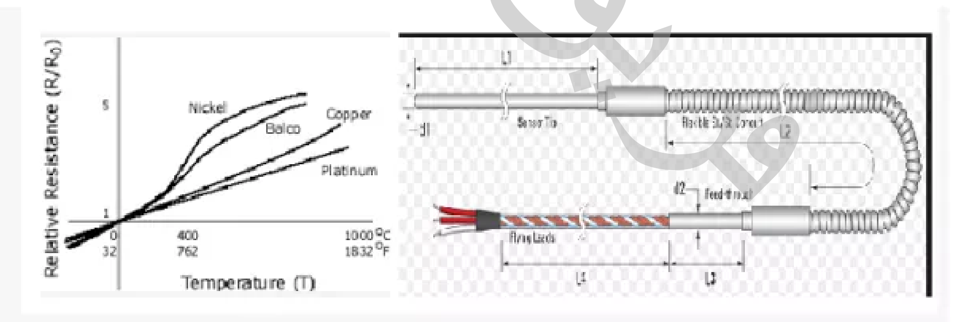
$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \qquad (1)$$

حيث T_0 هي درجة الحرارة المرجعية و R_0 هي المقاومة عند درجة الحرارة المرجعية و α هي ثابت المعايرة. في العادة تكون درجة الحرارة المرجعية reference temperature هي نقطة تجمد الماء ($0\ ^0C$). أكثر المعادن استخداماً في أجهزة الـ RTDمعدن البلاتينيوم (البلاتين) لأن له درجة إنصهار عالية ومقاومة للأكسدة وامتلاكه لخواص حرارية مؤكدة وقيم المعايرة فيه مستقرة . مدي التشغيل لأجهزة الـ RTD ذات سلك البلاتينيوم من ($750\ ^0C$) – ($-220\ ^0C$)هناك أنواع أخري من الـ RTD متاحة منها ذو سلك النيكل ومنها ذات سلك نحاسي ، لكن لمثل هذه الأجهزة مدي أضيق لدرجات الحرارة

هناك جهاز شبة موصل يطلق عليه thermistor وهو ميزان حرارة ذو مقاومات أشباه الموصلات تتغير مقاومته بشكل أسي بتغير درجات الحرارة وهي علاقة غير خطية وليست ثابتة مع الزمن وبالتالي فإنه يلزم معايرة هذا النوع من الموازيين كل فترة زمنية معينة. العلاقة بين درجة الحرارة والمقاومة هي:

$$R = R_0\, e^{[\beta(\frac{1}{T}-\frac{1}{T0})]} \qquad (2)$$

حيث T_0 درجة الحرارة المرجعية و R_0 المقاومة عند درجة الحرارة المرجعية و β هي ثابت المعايرة ويطلق عليه درجة حرارة الخواص characteristic temp. للمادة . يمكن معايرة الثيرمستور الجيد بدقة تصل الى $0.01\ ^0C$ أو أفضل ، وهذا يعد أفضل من النوع RTD من حيث الدقة . ومع ذلك فإن الثيرمستور له مدي تشغيل أضيق عن الـ RTD. حيث أن مدى قياس هذا الميزان تتراوح بين ($250\ ^0C$) – ($-100\ ^0C$).



الشكل (6) موازيين الحرارة ذو المقاومة الكهربائية

الادوات المستخدمه:

1- جميع أنواع موازيين الحرارة التمددية (ميزان حرارة زئبقي، ميزان حرارة معتمد على الضغط البخاري، ميزان حرارة ثنائي المعدن)
2- جميع أنواع موازيين الحرارة المباشرة (ازدواج حراري نوع (كروميل والوميل)، ميزان حرارة ذو مقاومة بلاتينية، ميزان حرارة ذو مقاومات أشباه الموصلات)
3- ماء نقي

خطوات العمل:

1- املأ السخان الكهربائي بالماء النقي وضع عليه الغطاء ومن خلاله اغمس موازيين الحرارة التمددية وموازيين الحرارة المباشرة.
2- شغل السخان الكهربائي بإدارة قرص التشغيل بعد أن توصل الجهاز بمصدر التيار الكهربائي.
3- ابدأ بتسجيل درجة حرارة الماء في السخان كل 30 ثانية حتى تصل الى درجة الغليان.
4- فصل التيار الكهربائي عن الجهاز ولا تبقي الماء الساخن في السخان.

النتائج ومناقشتها:

Time (s)	Mercury Thermometer	Vapor pressure thermometer	Bimetallic thermometer	Thermocouple	thermistor thermometer	Platinum resistance thermometer
0						
30						
60						
90						

1- ارسم العلاقة بين الزمن و درجة الحرارة لكل موازيين الحرارة.
2- اكتب ملاحظاتك على هذه التجربة.

تجربة (2) الظواهر الكهروحرارية

الهدف :

1- إيجاد العلاقة بين درجة الحرارة والقوة الدافعة الكهربائية الناتجة من الازدواج الحراري نوع كروميل-الوميل.(ظاهرة بلتير)

2- توضيح فكرة تولد القوة الدافعة الكهربائية في دائرة الازدواج الحراري واستخراجاتها في قياس درجة الحرارة. (ظاهرة سيبك) و إيجاد محصلة القوى الدافعة الكهربائية.

النظرية:

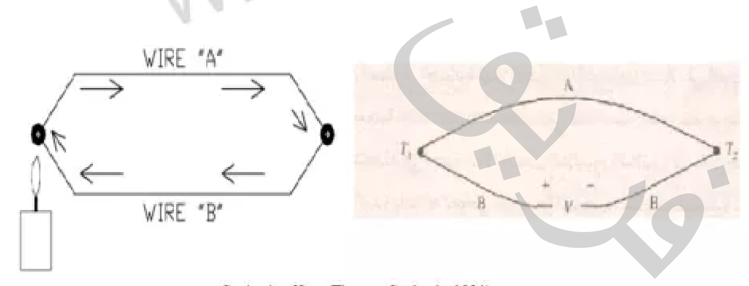
يمكن تكوين وصلة كهروحرارية بواسطة معدنين مختلفين يتلامسان عند طرف واحد يسمي بالوصلة , junction يتولد جهد كهربائي عند هذه الوصلة يتناسب مع درجة حرارة الوصلة ، تعرف هذه الظاهرة بالاسم Seebeck effect أنظر الشكل أدناه حيث أن عند وصل الازدواجات الحرارية بهذه الطريقة مع اختلاف في درجات الحرارة فإن قراءة القوى الدفعة الكهربائية تكون عبارة عن محصلة أربع قوى دافعة كهربائية وهي:

1- القوى الدفعة الكهربائية الناتجة من ظاهرة بلتير بين سلك A, B بسبب درجة الحرارة T_1.

2- القوى الدفعة الكهربائية الناتجة من ظاهرة بلتير بين سلك A, B بسبب درجة الحرارة T_2.

3- تأثير ظاهرة ثومسون خلال معدن A بسبب التدرج الحراري T_1-T_2.

4- تأثير ظاهرة ثومسون خلال معدن B بسبب التدرج الحراري T_1-T_2.



Seeback effect (Thomas Seeback, 1821)

الشكل (1) توصيلة سيبك

ولأن الدائرة الكهربائية يجب أن تشكل مسار مغلق ، فإن الوصلات الكهروحرارية thermoelectric junction تكون أزدواجاً مكونة ما يسمي بالإزدواج الحراري thermocouple يمكننا تمثيل دائرة كهروحرارية تحتوي علي وصلتين

كما بالشكل أعلاه سلكين أحدهما من المعدن A والأخر من المعدن B مكونان وصلة عند درجتين حرارة مختلفتين , T_2 , T_1لينتج جهد كهربائي V يمكن قياسه . يتوقف جهد الإزدواج الحراري علي الخواص المعدنية لكل من A , B وعلي اختلاف درجات حرارة الوصلة . T_1 , T_2 يتناسب جهد الازدواج الحراري تناسباً طردياً مع اختلاف درجات حرارة الوصلة ، حيث:

$$V = \alpha(T_1 - T_2) \qquad (1)$$

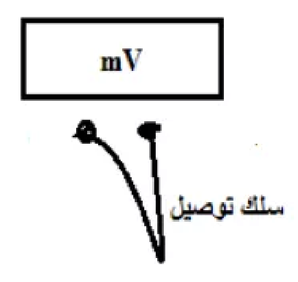
حيث α يطلق عليها معامل سيبك Seebeck effect ان العلاقة بين الجهد واختلاف درجة الحرارة ليس خطيا بالضبط ، ومع ذلك فإنه خلال مدى صغير لدرجة الحرارة فإن α تقريبا تكون ثابتة.
تعرف التأثيرات الكهروحرارية الثانوية تأثيرات بلتير peltier effect و تأثيرات طومسون Thompson effect وهي مقترنة بتدفق التيار في دائرة الازدواج الحراري ، ولكن تهمل هذه التأثيرات في نظم القياس عند مقارنتها بظاهرة سيبك. Seebeck effect ومع ذلك عندما يكون التيار المار في دائرة الازدواج الحراري كبير ، فإن التأثيرات الثانوية هذه يكون لها أثر كبير تمثل هذه الظاهرة أساس الكهروحرارية.

الادوات المستخدمه:

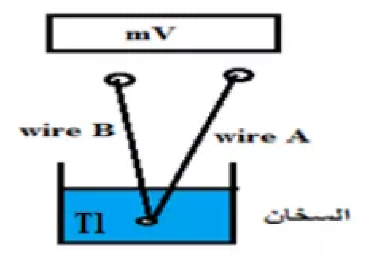
1- ازدواج حراري نوع (كروميل/الوميل)
2- وصلات كهربائية
3- ماء نقي

خطوات العمل:

1- املأ السخان الكهربائي بالماء النقي ثم ضع علية الغطاء ووضع ميزان حرارة زئبقي في المكان المناسب ثم اوصل الجهاز بمصدر التيار الكهربائي.
2- استخدم سلك توصيل لربط طرفي جهاز الملي فولتميتر وسجل قراءة الجهاز حيث ستكون صفر مللي فولت علل ذلك.

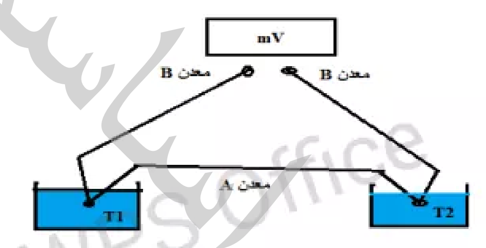


3- استخدم ازدواج حراري نوع (كروميل/الوميل) بدلا من السلك واغمس الطرف المتصل داخل السخان الكهربائي كما في الشكل ادناه.



4- شغل السخان الكهربائي و ابدأ بتسجيل ارتفاع درجة الحرارة والقوة الدافعة الكهربائية كل 30 ثانية حتى الوصول الى درجة غليان الماء.

5- أعد الخطوة رقم (1) و قم بعمل توصيلة سيبك كما في الشكل أدناه:



6- سجل قراءة درجة حرارة الماء الساخن والبارد وقراءة القوى الدافعة الكهربائية كل 30 ثانية حتى الوصول الى درجة غليان الماء.

7- فصل التيار الكهربائي عن الجهاز ولا تبقي الماء الساخن في السخان.

النتائج ومناقشتها:

1- ارسم العلاقة بين درجة الحرارة و القوة الدافعة الكهربائية.

2- عند وصل السلك الكهربائي بطرفي الملي فولتميتر في بداية التجربة كانت القراءة تساوي صفرا. علل ذلك.

Time (s)	Temperature (^{0}C)	E.M.F (mV)

3- ارسم العلاقة بين ΔT (^{0}C) والقوة الدافعة الكهربائية ظاهرة سيبك.

4- أوجد ثابت معامل سيبك.

5- اكتب ملاحظاتك على التجربة.

Time (s)	T_1 (^{0}C)	T_2 (^{0}C)	ΔT (^{0}C)	E.M.F (mV)

تجربة (3) وصل الازدواجات الحرارية والقوانين التي تحكم تطبيقاتها في قياس درجة الحرارة

الهدف:

1- فهم القوانين الأساسية التي تحكم تطبيقات الازدواجات الحرارية (Thermocouples).

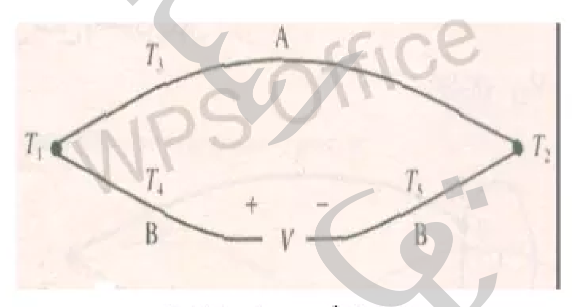
2- معرفة تطبيقات وكيفية وصل الازدواجات الحرارية على التوازي.

3- معرفة تطبيقات وكيفية وصل الازدواجات الحرارية على التوالي.

النظرية:

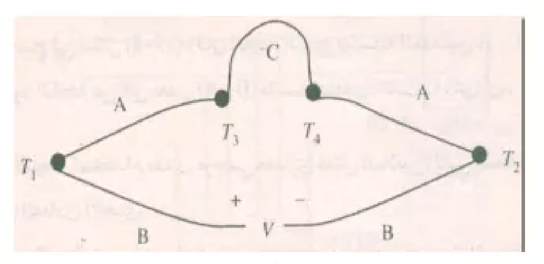
لتصميم نظم بشكل مناسب تستخدم الازدواجات الحرارية لقياس درجة الحرارة ، فإنه من الضروري فهم القوانين الأساسية التي تحكم تطبيقاتها . حيث هناك خمسة اساسيات خاصة بسلوك الازدواج الحراري هي كما يلي:

1- **قانون درجات حرارة السلك** : الجهد الكهروحراري نتيجة وصلتين في دائرة تحتوي علي معدنين موصلتين مختلفين يعتمد علي درجات حرارة الوصلة T_2 , T_1 فقط . يبين الشكل أن درجة حرارة الأسلاك البعيدة عن الوصلة (T3,T4,T5) لا تؤثر علي الجهد المقاس . لذلك فإننا لا نحتاج أن نهتم بعزل الأسلاك عن الظروف البيئية.



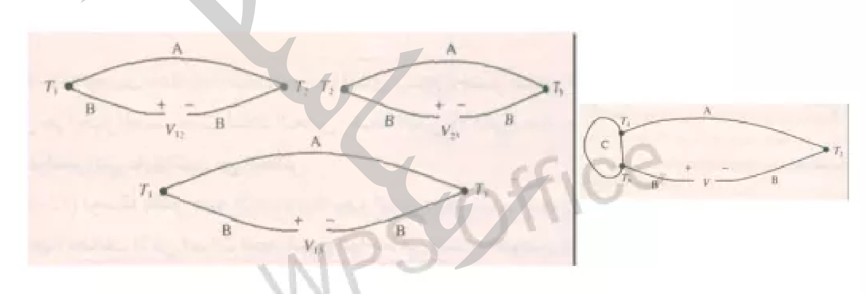
الشكل (1) قانون درجات حرارة السلك

2- **قانون معادن الأسلاك المتوسطة:** كما هو موضح في الشكل أدناه ، فإنه تم تقديم المعدن(C) في دائرة تحتوي علي ازدواج حراري ليس له تأثير علي الجهد الناتج طوال أن تكون درجات الحرارة للوصلتين الجديدتين (C-A , A-C) متساوية أي أن (T_3=T_4) يؤدي هذا القانون إلي أن جهاز قياس الجهد الذي يخلق وصلتين جديدتين يمكن حشرهما في دائرة الإزدواج الحراري دون تغير الجهد الناتج. فكثيرا ما يكون معدن الازدواج باهض التكاليف و نادر الوجود فلا يمكن ايجاد اسلاك توصيل من نفس معدنه وبالتالي يتطلب توفير اسلاك معدنية بديلة لا تؤثر على دقة قراءة الازدواج



الشكل (2) قانون معادن الأسلاك المتوسطة

3- **قانون درجات الحرارة الوسيطة:** ازدواج الوصلات عند T_1 , T_3 تنتج نفس الجهد طوال أن تكون مجموعتي ازدواج الوصلات يكون لهما نفس مدى درجات الحرارة (منT_1 الى T_2 ومن T_2 الى T_3) لذلك فإنه كما هو موضح في الشكل يكون: $\mathbf{V_{13} = V_{12} + V_{23}}$

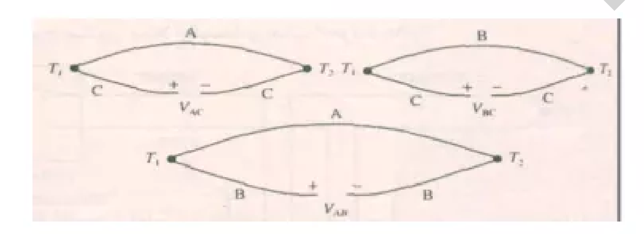


الشكل (3) قانون درجات الحرارة الوسيطة

تدعم هذه النتيجة استخدام وصلة مرجعية لتسمح بقياس دقيق لدرجة حرارة غير معروفة علي أساس درجة حرارة مرجعية ثابتة.

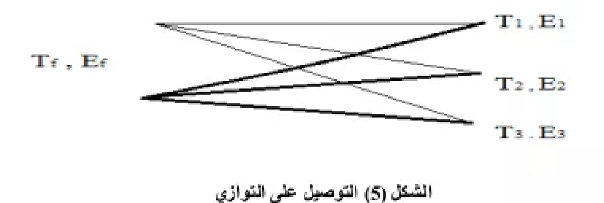
4- **قانون المعادن الوسيطة:**

كما هو موضح في الشكل ، فإن الجهد الناتج بواسطة المعدنين A , B هو نفس مجموع الجهود الناتجة عن كل معدن (A , B) بالنسبة للمعدن الثالث C , أي أن: $\mathbf{V_{AB} = V_{AC} + V_{BC}}$



الشكل (4) قانون المعادن الوسيطة

5- **وصل الازدواجات الحرارية على التوازي:** توصل الازدواجات الحرارية كهربائيا على التوازي كما في الشكل أدناه:



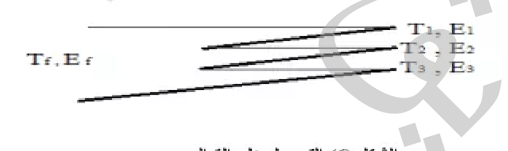
الشكل (5) التوصيل على التوازي

حيث أن قراءة (درجة الحرارة أو القوة الدافعة الكهربائية) الناتجة عن تلك التوصيلة عبارة عن الوسط الحسابي لمجموع القراءات في كل ازدواج.

$$(e.m.\mathrm{f})_{\mathrm{f}} = \sum_{i=0}^{\mathrm{n}} \left[\frac{\mathrm{e.m.f}}{\mathrm{n}}\right] \quad ، \quad T_{\mathrm{f}} = \sum_{i=0}^{\mathrm{n}} \left[\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{n}}\right]$$

تستخدم هذه التوصيلة عندما يراد قياس متوسط درجة حرارة ما خلال عدة نقاط في بعض الوحدات الصناعية. وأفضل استخدام لها عندما تكون درجة حرارة تلك النقاط متقاربة نوعا ما.

6- **وصل الازدواجات الحرارية على التوالي:** توصل الازدواجات الحرارية كهربائيا على التوالي كما في الشكل أدناه حيث تسمى هذه التوصيلة Thermopile:



الشكل (6) التوصيل على التوالي

حيث أن قراءة (درجة الحرارة أو القوة الدافعة الكهربائية) الناتجة عن تلك التوصيلة عبارة عن المجموع الحسابي لقراءة كل ازدواج على انفراد.

$$(\mathrm{e.m.f})_{\mathrm{f}} = \sum_{i=0}^{\mathrm{n}} (\mathrm{e.m.f}) \quad ، \quad T_{\mathrm{f}} = \sum_{i=0}^{\mathrm{n}} (\mathrm{T})$$

وتتميز هذه التوصيلة بحساسيتها ودقتها العالية.

الادوات المستخدمه:

1- ازدواجات حرارية نوع (كروميل/الوميل)
2- وصلات كهربائية
3- ماء نقي

خطوات العمل:

1- املأ السخان الكهربائي بالماء النقي ثم ضع علية الغطاء ثم اوصل الجهاز بمصدر التيار الكهربائي.
2- انتظر حتى يغلي الماء ويجب المحافظة على درجة غليان الماء طيلة فترة اجراء التجربة.
3- قم بعمل توصيلات الازدواجات الحرارية كما في الشكل (1، 2، 3، 4، 5,6).
4- سجل قراءة درجة الحرارة والقوة الدافعة الكهربائية في كل خطوة تقوم بعملها.
5- فصل التيار الكهربائي عن الجهاز ولا تبقي الماء الساخن في السخان.

النتائج ومناقشتها:

- **تسجيل قراءة درجة الحرارة والقوة الدافعة الكهربائية لكل من:**

1- قانون معادن الأسلاك المتوسطة
2- قانون درجات الحرارة الوسيطة
3- قانون المعادن الوسيطة
4- التوصيل على التوازي
5- التوصيل على التوالي

- **سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.**

تجربة (4) تعيين تركيز المواد باستعمال جهاز الانكسار(Abbe-Refractometer)

الأهداف:

1- التعرف على ظاهرة االانكسار والتحقق من قانون سنيل.
2- معرفة تركيز الايثانول في خليط من الماء والايثانول عن طريق قياس معامل الانكسار.

النظرية:

انكسار الضوء وقانون سنيل: عند انتقال الضوء من وسط شفاف الى وسط شفاف آخر فإنه يتعرض الى تغيرفي اتجاه مساره عند انتقاله من الوسط الأول الى الثاني (في الواقع، يتحقق أنه بالإضافة للشعاع المنكسر هنالك جزء من الشعاع ينعكس عن السطح الفاصل بني الوسطين) تُطلق على هذه الظاهرة اسم انكسار الضوء .العلاقة الرياضية التي تربط بين زوايا السقوط والانكسار هي العلاقة التالية والمسماة بقانون سنيل:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \qquad (1)$$

حيث أن n_1 هو معامل انكسار الوسط الأول و θ_1 هي الزاوية في الوسط الأول، أما n_2 فهو معامل انكسار الوسط الثاني و θ_2 هي الزاوية في الوسط الثاني. الزوايا في هذا القانون تُعرف بالزاوية بين الشعاع وبين العمود على السطح الفاصل بين الوسطين.

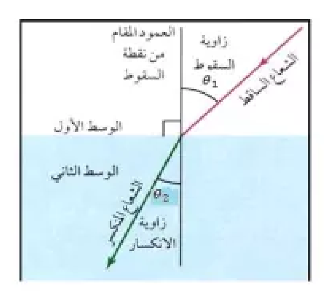
من هذا القانون نحصل على أنه:

1- الزاوية تكون أكبر في الوسط الذي معامله أصغر والعكس صحيح .
2- عند انتقال الضوء من الهواء الى مادة شفافة معينة، فإن $n_1 = 1$,وبالتالي نحصل من العلاقة (1) على أن:

$$n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \qquad (2)$$

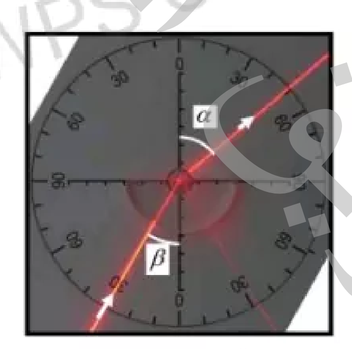
حيث أن θ_1 هي الزاوية في الهواء و θ_2 هي الزاوية في الوسط الثاني.

3- بما أن الزاوية في الهواء دائما أكبر من الزاوية في المادة، فإن n_2 هو مقدار أكبر من 1، وبالفعل معامل انكسار المواد هي أكبر من 1.



الشكل (1) الشعاع الساقط والشعاع المنكسر

الزاوية الحرجة: كما ذكرنا أعلاه، الزاوية تكون أكبر في الوسط الذي معاملة أصغر. لهذا السبب عند انتقال الضوء من وسط معامل انكساره كبير الى وسط معامل انكساره صغير (مثال من الزجاج الى الهواء)، فإن زاوية الانكسار تكون أكبر من زاوية السقوط كما هو مبين في الشكل (2). في هذه الحالة إذا أخذنا بتكبير زاوية السقوط تدريجيا، فإن زاوية الانكسار سوف تكبُر أيضا، وبما أنها أكبر من زاوية السقوط دائما فإنه سوف نصل الى زاوية سقوط معينة والتي تكون زاوية انكسار ها 90^0 . نطلق على هذه الزاوية اسم الزاوية الحرجة وذلك لأنها تفصل بين الانكسار و الانعكاس.



الشكل (2) الزاوية في الهواء أكبر من الزاوية في المادة

أن معامل الانكسار لكل وسط يعتمد على درجة الحرارة والضغط وطول موجة الاشعاع وإذا أمكن تثبيت تلك المتغيرات الثلاثة فإن معامل الانكسار لكل مادة يمكن استغلالها لتكون احدى طرق التعرف على المواد وعلى تركيزها.

أجزاء وعمل جهاز الانكسار:



الشكل (3) جهاز الانكسار

1- يتكون من منشورين أحدهما ذو سطح خشن و وظيفته تحويل الضوء الساقط الى عدد غير محدود من الأشعة. والمنشور الثاني العلوي ذو سطح ناعم يسبب انكسار الأشعة المارة من خلاله بعد مرورها بالمحلول الموضوع بين المنشورين المذكورين.
2- منشوري تعويض: بما أن طول موجة الإشعاع من العوامل التي تؤثر على معامل الانكسار و غالبا ما تستعمل موجة ذات طول محدود(589 nm) والتي مصدرها الخط الناتج من لمبة بخار الصوديوم. ولكن لو استعمل مصدر اخر للضوء له أطوال أمواج متعددة مثل (لمبة التنجستن العادية) فإنه لن ينتج خط فاصل واضح بين المنطقة المظللة والمنطقة المضيئة بل ستتبعثر الأشعة مع بعضها وتتداخل المناطق ولهذا يستعمل منشوري التعويض ووظيفتهما تحويل الأشعة المبعثرة الى شعاع واحد له صفات الشعاع الصادر من لمبة الصوديوم البخارية.
3- عدسات لتجميع الضوء وتركيزه بشكل شعاع.
4- تلسكوب بنهايته قرص عليه خطوط رفيعة متقاطعة لتحديد ومشاهدة الشعاع الحرج.
5- تدريج ثابت تدور حوله المنشور الناعم ويعطي قيمة معامل الانكسار مباشرة.

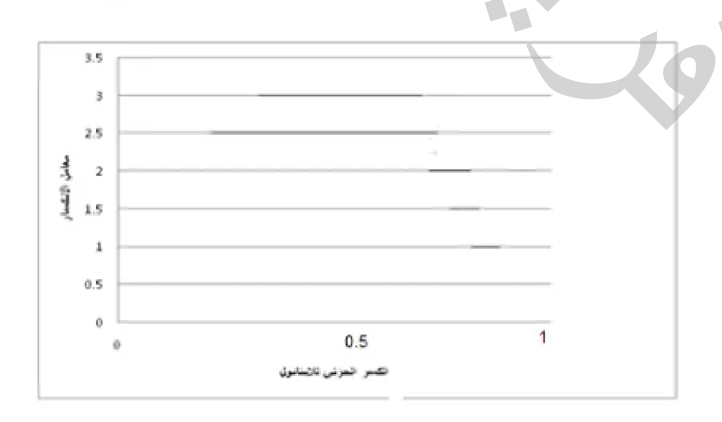
خطوات العمل:

1- أوصل الجهاز بمصدر الطاقة الكهربائية.
2- أوصل لمبة الصوديوم بمصدر الطاقة الكهربائية (انتظر حتى تكتمل اضاءة اللمبة حيث تعطي ضوءا أصفر).
3- اغسل بالماء المقطر أربع دوارق حجمية سعة 50 مل.
4- قياس معامل الانكسار لكل محلول حيث يوضع بضع قطرات من المحلول بين المنشورين بعد تنظيفها ثم يتم تدوير قرص التلسكوب والنظر أثناء تدويره من خلال التلسكوب لمشاهدة منطقة التقاطع. وعند مشاهدة نصف معتم ونصف مضئ ننظر من تلسكوب التدريج وتكون القراءة هي معامل الانكسار لذلك المحلول.
5- عين معامل الانكسار للخليط المجهول تركيزه المعطاه لك من قبل المشرف.

النتائج ومناقشتها:

1- أحسب الكسر الجزئي للايثانول في كل محلول.
2- ارسم منحنى المعايرة والذي يمثل العلاقة بين الكسر الجزئي للايثانول وقيم معامل الانكسار لكل محلول.
3- من خلال الرسم البياني عين الكسر الجزئي للايثانول في المحلول المجهول.
4- سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.

رقم المحلول	حجم الايثانول المضاف	حجم الماء المضاف	الكسر الجزئي	معامل الانكسار
1	0			
2	5			
3	10			
4	15			
5	20			
العينة المجهولة				



تجربة (5) تعيين تركيز المواد باستعمال جهاز الاستقطاب (Polarimeter)

الهدف:

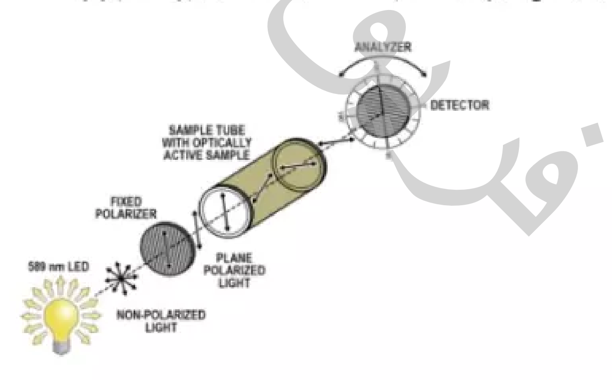
1- التعرف على جهاز الاستقطاب و كيفية استعماله.
2- التعرف على المواد النشطة ضوئيا وقياس تركيزها.

النظرية:

1- الضوء المستقطب (Polarized Light) : وهو الضوء الذي تسير أشعته باتجاه واحد ومحدد.
2- الضوء الغير مستقطب (Unpolarized Light) : هو الضوء الذي تسير أشعته بجميع الاتجاهات.
3- المادة النشطة ضوئيا (Optical Active Material) وهي مواد لها المقدرة على تغير اتجاه الضوء المستقطب بزاوية محددة عند مروره من خلالها.

يوجد نوعان مختلفان من الضوء العادي وهما الضوء المستقطب و الضوء الغير مستقطب و يكونان متداخلان مع بعضهما البعض. وللحصول على ضوء مستقطب فقط نمرر الضوء على فلتر مصنوع من مادة الكلسايت (كربونات الكالسيوم) الذي يمتص الضوء الغير مستقطب ويسمح للضوء المستقطب فقط بالمرور من خلاله.

ثم يمر الضوء المستقطب عبر فلتر أخر مكون من بلورات الكوارتز(ثاني أكسيد السيليكون) فإن الضوء المستقطب يخرج من ذلك الفلتر مغيرا اتجاهه بدرجة معينة يمكن قياسها وعند وضع محلول من مادة نشطة ضوئيا بين الفلتر الأول والثاني فإن المحلول سوف يعمل على تغيير اتجاه الضوء المستقطب مثلما تفعل بلورات الكوارتز.



الشكل (1) مسار الضوء خلال جهاز الاستقطاب

يستعمل جهاز الاستقطاب للتحليل الكمي والنوعي للمحاليل:

1- التحليل النوعي للمحاليل: اذا استعمل محلول وتبين أن درجة انحراف الجهاز تغيرت فهذا يعني أنها ماده نشطة ضوئيا O.A.M .
2- التحليل الكمي للمحاليل: تحضر محاليل لنفس المادة بتراكيز مختلفة معروفة و تؤخذ درجة الانحراف و ترسم العلاقة بينهم ثم تؤخذ درجة انحراف المادة مجهولة التركيز ومن خلال الرسم البياني نحصل على تركيزها.

شدة التغير في اتجاه الضوء المستقطب نتيجة مروره على محلول المادة النشطة ضوئيا يعتمد على:

1- طبيعة المادة الموجودة بالمحلول
2- طول مرور الضوء من خلال العينة
3- درجة حرارة المحلول
4- طول الموجة الضوئية المستعملة
5- المذيب المستعمل
6- تركيز المادة بالمحلول

وأعطيت العلاقة التالية بين التغير النسبي بالاتجاه والتركيز:

$$[\alpha_D^{25}] = \frac{a}{b\,.c} \qquad (1)$$

حيث أن $[\alpha_D^{25}]$ عبارة عن التغير النسبي بالاتجاه وتعرف بأنها التغير باتجاه الضوء المستقطب (بالدرجات) والذي نتج من استعمال ضوء لمبة لصوديوم خلال مروره بأنبوب طوله (5 سم أو 10 سم) عند درجة حرارة $25\ ^0C$.

a : التغير الحقيقي المقاس في الاتجاه (بالدرجات)

b : طول الأنبوب الذي يحتوي على المحلول (دسم)

c : تركيز المادة المذابة (غرام/مل)

أجزاء وعمل جهاز الاستقطاب:



الشكل (1) جهاز الاستقطاب

1- مصدر للضوء ذو طول موجة محدد وعادة تستعمل لمبة بخار الصوديوم.
2- الفلتر الذي يحول الضوء العادي الى ضوء مستقطب و يسمى (Polarizer).
3- الوعاء الذي يحتوي على العينة المراد تحليلها وهو عبارة عن انبوب زجاجي.
4- الفلتر الذي يغير من اتجاه الضوء المستقطب ويسمى (Analyzer) ويمكن تحريك هذا الفلتر بواسطة قرص خاص.
5- تدريج لقراءة زاوية انحراف الضوء.
6- قرص نصف معتم للتمييز بين الانحراف الذي يسببه الفلتر الثاني و الانحراف الذي يسببه المحلول المراد تحليله.

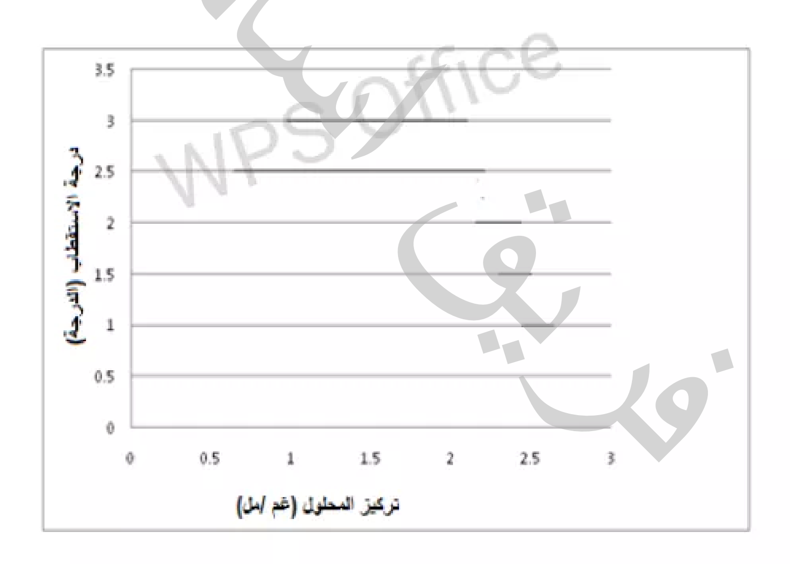
خطوات العمل:

1- لغسل خمسة دوارق حجمية سعة 100 مل بالماء المقطر.
2- زن من مادة السكر الأوزان التالية (1,2,3,4,5 غم).
3- أضف الى كل دورق وزن واحد من تلك الأوزان ثم أضف الماء المقطر الى كل دورق ويحرك لإذابة السكر في الماء.
4- معايرة الجهاز وذلك بملء وعاء العينة ماء مقطرا مع تجنب وجود أي فقاعة هواء داخله.
5- إدارة قرص في الجهاز و يتم تثبيت زاوية الانحراف عند القيمة (صفر - $180\ ^0C$).
6- يملأ أنبوب العينة طول (5سم أو 10 سم) بالمحلول المحضر مسبقا.
7- من خلال الرسم البياني عين تركيز المادة في المحلول المجهول.

النتائج ومناقشتها:

1- ارسم منحنى المعايرة والذي يمثل العلاقة بين تركيز المحلول و زاوية الانحراف (قراءة الجهاز) واوجد ميل المنحنى.
2- من خلال الرسم البياني جد تركيز المحلول المجهول.
3- اوجد معدل التغير النسبي في الاتجاه بالدرجات.
4- سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.

رقم المحلول	وزن السكر (غم)	تركيز المحلول (غم/مل)	التغير الحقيقي (a)	التغير النسبي (α)
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			
العينة المجهولة				



تجربة (6) تعيين تركيز المواد باستعمال جهاز الطيف المرئي (Spectro-photo meter)

الهدف:

1- التعرف على جهاز الطيف المرئي وكيفية استعماله.

2- قياس تركيز المحاليل الملونة.

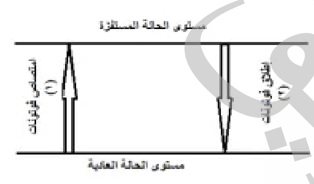
النظرية:

من المعروف أن جزيئات و ذرات المواد تحتوي في الحالة العادية المستقرة على طاقة محدودة و مميزة لكل منها وكذلك من المعروف أيضا أن الإشعاع الضوئي يحتوي على كمية معينة من الطاقة على شكل فوتونات (الفوتون عبارة عن طاقة وحدة الاشعاع) :

$$E = \frac{h.c}{\lambda} \qquad (1)$$

حيث E = طاقة الفوتون و h = ثابت بلانك و λ = طول موجة الاشعاع و c = سرعة الضوء

و عند وضع مادة ما في طريق إشعاع ضوئي (حزمة ضوئية) ذات أمواج مختلفة الأطوال فإن جزيئات المادة تقوم بامتصاص جزء من طاقة ذلك الإشعاع الضوئي (أي تقوم بامتصاص جزء من الفوتونات وتسمح بمرور الجزء المتبقي من الإشعاع و بهذا تزيد طاقة جزيئات المادة وتنتقل من الحالة العادية المستقرة الى الحالة المستفزة). أنظر الشكل أدناه:



الشكل (1) مستويات الطاقة

إن الفترة التي تبقى بها الجزيئات بالحالة المستفزة قصيرة جدا (جزء من الثانية) وبعدها تفقد تلك الطاقة الزائدة التي اكتسبتها وتعود الى حالتها الطبيعية العادية لكنها لا تقوم بفقد الطاقة الزائدة تلك على شكل فوتونات بل تفقدها على شكل حرارة نتيجة عملية الاصطدام التي تحدث ويجب أن يكون الفرق بين الحالتين العادية والمستفزة يساوي دائما طاقة الفوتونات الممتصة نفسها. و هذا الفرق يعتبر وحيد ومميز لكل نوع من أنواع الذرات والجزيئات ولا يشترك بقيمته أكثر من نوع واحد.

كما هو واضح من المعادلة رقم (1) فإن طاقة الفوتون الممتص تعتمد على طول الموجة لذلك فإن الطاقة التي تكتسبها المادة نتيجة سقوط حزمة ضوئية عليها (تحتوي على أمواج ذات أطوال مختلفة) تختلف باختلاف طول الموجة. لذلك يجب معرفة

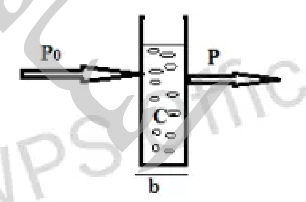
طول الموجة التي يكون عليها الفوتون وفي الحياة العملية نستعمل أجهزة قياس تستطيع عزل شعاع ذو طول موجة محدود وتوجيهه نحو المادة المستعملة.

إن امتصاص الأشعة والانتقال من الحالة العادية الى الحالة المستفزة لا يتم من المادة ككل بل يتم من قبل المجموعات الوظيفية و الروابط لذلك يمكن استعمال هذه الخاصية وتحليل المادة نوعيا لمعرفة الروابط والمجموعات الموجودة بها وبالتالي معرفة تركيب تلك المادة.

وكلما زاد تركيز المادة كلما زادت كمية الامتصاص. وهذه العلاقة يمكن استعمالها لتحليل المادة كميا ومعرفة تركيزها. ولهذه العلاقة يمكن أن تعطى رياضيا بواسطة قانون بيير (Beer's Law) كالتالي:

$$T = \frac{P}{P_0} \qquad (2)$$

حيث T= الانتقالية و P_0 = كثافة الضوء الداخل و P = كثافة الضوء الخارج



الشكل (2) الكثافة الضوئية

وهناك علاقة تناسب بين الانتقالية وبين كل من تركيز المحلول (C) وطول الممر الذي يعبره الشعاع (b):

$$T = 10^{-a.b.c} \qquad (3)$$

حيث a= ثابت الامتصاصية (absorptivity) وحتى نتخلص من اشارة (-) نستعمل ما يسمى الامتصاصية (Absorbance) (A) بدلا من الانتقالية حيث:

$$A = -\log T = \log\frac{1}{T} = \log\frac{P_0}{P} = a.b.c \qquad (4)$$

وهذا هو قانون بيير الذي يتضح منه أن الامتصاصية (A) وليس الانتقالية (T) هي التي تتناسب مع تركيز المحلول تناسبا طرديا.

** أجزاء وعمل جهاز الطيف المرئي Spectrophotometer:

إن جهاز الطيف المرئي يقوم بوظيفتين الاولى عزل شعاع ذو طول موجة محدودة عن بقية الأشعة ذات الأمواج المختلفة الأطوال والتي تسقط عليه كحزمة ضوئية ويقوم بعد ذلك بإمرار ذلك الشعاع المعزول على المحلول الملون المراد معرفة تركيزه ، والوظيفة الثانية هي قياس شدة وقوة الاشعاع الذي ينفذ من خلال المحلول بعد أن يكون المحلول قد امتص جزءاً من الشعاع الساقط.

تتكون أجهزة قياس الامتصاصية و الانتقالية:



الشكل (3) جهاز الطيف المرئي

1- مصدر الضوء العادي (Source of light) مثل لمبة التنجستن العادية.
2- جزء لاختيار طول الموجة (Wave length selector) وظيفته عزل شعاع واحد ذو طول موجة واحدة معينةعن بقية الاشعة ذات أطوال الامواج المختلفة وتوجيهه نحو العينة.
3- وعاء لوضع العينة (Sample container) وعادة يكون من مادة شفافة لا تتفاعل مع مكونات محاليل المادة المراد تحليلها.
4- كاشف (Detector) وهو عبارة عن مادة شبه موصلة لها خاصية كهربائية حساسة للضوء، وعند تعريضها للأشعة الضوئية فإنها تنتج تيارا كهربائيا تتناسب قيمته مع كمية الضوء الساقطة علية. وبعد ذلك يمرر التيار الناتج الى مضخم لتقويته.

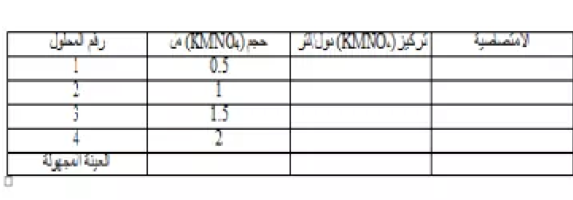
5- جهاز قراءة الاشارة (Single read out) لتحويل الاشارة الكهربائية الخارجة من الكاشف و المضخم الى قيمة مقروءة و يستعمل غلفانوميتر أو أميتر لذلك الغرض، وعادة تتم معايرته ليعطي قيمة الانتقالية أو الامتصاصية مباشرة بالنسبة المئوية. (0-100% T).

خطوات العمل:

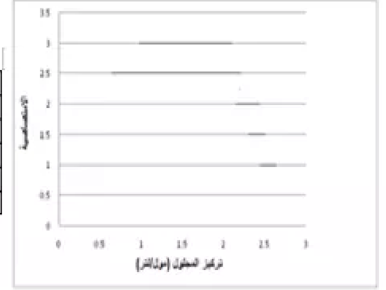
1- تحضير محلول عياري من بيرمنغنات البوتاسيوم ($KMNO_4$) بتركيز 0.18 مول/لتر.
2- تحضير خمسة دوارق حجمية سعة 100 مل و تؤخذ حجوم معينة من محلول بيرمنغنات البوتاسيوم العيارية.
3- تشغيل جهاز الطيف المرئي ويترك مدة 10 دقائق وذلك للحصول على قراءات ثابتة.
4- تحديد طول الموجة المناسبة لمحلول بيرمنغنات البوتاسيوم وهي 525 nm.
5- يضبط صفر امتصاصية و 100% نفاذية باستخدام blank solution.
6- تقرأ امتصاصية المحاليل ابتداءا من التركيز الأقل.
7- لمعرفة تركيز المنغنيز في عينة مجهولة يؤخذ بالضبط 0.5 مل من المحلول المجهول الذي يحتوي على أيونات المنغنيز المراد تقديرها وتخفف ب 10 مل من الماء المقطر. يضاف لها 10 مل من حمض الفوسفور 25% ، ثم يضاف 0.2 غم من فوق يودات البوتاسيوم. يغلي المزيج مع التحريك مدة 3-4 دقائق فيظهر لون وردي ناتج من تحول المنغنيز الى بيرمنغنات، يبرد المحلول ثم ينقل الى دورق حجمي سعة 50 مل. ويكمل بعد ذلك بالماء المقطر ويمزج جيدا.
8- قراءة امتصاصية العينة المجهولة.

النتائج ومناقشتها:

1- ارسم منحنى المعايرة والذي يمثل العلاقة بين تركيز المحلول و الامتصاصية واوجد ميل المنحنى .
2- من خلال الرسم البياني جد تركيز المحلول المجهول.
3- أوجد ثابت الامتصاصية a.
4- سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.



رقم المحلول	حجم ($KMNO_4$) مل	تركيز ($KMNO_4$) مول/لتر	الامتصاصية
1	0.5		
2	1		
3	1.5		
4	2		
العينة المجهولة			



تجربة (7) تعيين تركيز المواد الغير عضوية باستعمال جهاز اللهب الطيفي (Flame Photometer)

الهدف:

1- تعيين تركيز أيونات المواد الغير عضوية في محلول بواسطة استعمال جهاز اللهب الطيفي.
2- التعرف على جهاز اللهب الطيفي وكيفية استعماله.

النظرية:

إن ذرات العناصر الأحادية مثل الصوديوم والليثيوم والبوتاسيوم تكون في الحالة العادية على مستوى معين من الطاقة أي يكون بها كمية طاقة محدودة ومعروفة عند الظروف الطبيعية. وكذلك الاشعاع الضوئي يحتوي على كمية معروفة من الطاقة بشكل فوتونات. والفوتون عبارة عن طاقة هذا الاشعاع.

$$E = \frac{h.c}{\lambda} \qquad (1)$$

حيث E = طاقة الفوتون و h = ثابت بلانك و λ = طول موجة الاشعاع و c = سرعة الضوء

فإذا وضعت ذرات أحد تلك العناصر الاحاديه في طريق حزمة ضوئية فإن تلك الذرات سوف تمتص جزءا من طاقة الاشعاع على شكل فوتونات ونتيجة لذلك تنتقل بعض الكتروناتها من مدار ومستوى معين الى مدار ذو مستوى أعلى.
إن الفترة الزمنية التي تستمر عليها الذرات بالحالة المستفزة قصيرة جدا (جزء من الثانية) لذلك تعود تلك الذرات الى الحالة العادية بإطلاق فوتونات بأطوال أمواج مختلفة ولها طاقة ذات قيمة مميزه لها.
إن شدة اطلاق الفوتونات (شدة الاشعاع المنطلق) من الذرات المستفزه لتعود الى الحالة العادية تتناسب طرديا مع تركيز ذرات العنصر الموجود. و هذا هو المبدأ الذي يعتمد عليه جهاز اللهب الطيفي حيث يتم عزل الفوتونات التي تطلقها الذرات المستفزة ويتم قياس شدتها ومن ثم قياس تركيز تلك الذرات.

**** أجزاء وعمل جهازاللهب الطيفي Flamephotometer:**

يعتمد عمل الجهاز على خاصية محاليل بعض المواد الغير عضوية عند نشرها في لهب معين تتحول بعض مكوناتها الى ذرات حرة و أيونات أحادية وهذه الذرات والايونات بدورها تمتص جزءا من الاشعاع الذي يطلقه اللهب، و تتناسب شدة الاشعاع مع تركيز تلك الذرات و الايونات.ثم يمرر من خلال فلتر خاص لفصل أطوال الأمواج المختلفة للأشعاع المطلق عن بعضها البعض.
وبعد ذلك يمرر الإشعاع على خلية كهروضوئية ليتم تحويل ذلك الشعاع الى تيار كهربائي يتناسب مع شدة الاشعاع والذي بدوره يتناسب مع التركيز. وباستعمال مضخم للتيار الكهربائي وجهاز قياس يمكن معرفة تركيز المادة الغير عضوية.

أجزاء الجهاز:

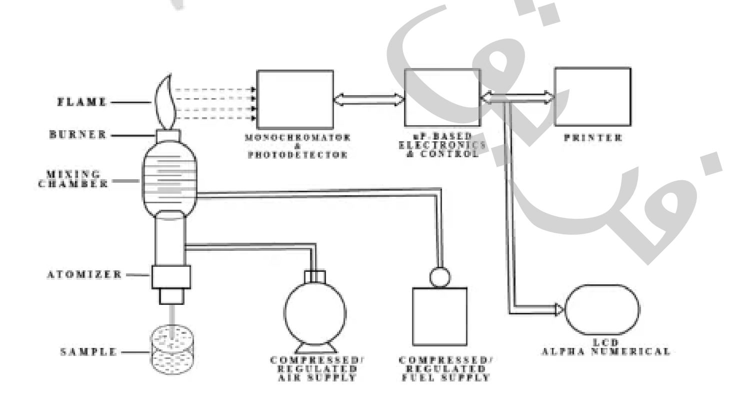
1- المرذاذ (Atomizer) لتحويل المحلول الى رذاذ.

2- الفلتر (Filter) يوجد فلترين واحد للصوديوم والثاني للبوتاسيوم ويمكن استعمال واحد منهما فقط في نفس اللحظة، والفلتر عبارة عن زجاج ملون أو أصباغ مخلوط مع جيلاتين وموضوع بين صفيحتي زجاج وظيفته أن يقوم بامتصاص جزء محدد من الاشعاع ذو أطوال أمواج محددة وبالتالي يسمح بمرور جزء من الاشعاع ذو طول موجة محددة من خلاله. ويعتمد طول الموجه المارة على نوعية اللون أو الأصباغ المستعملة وعلى سمك طبقة الصباغ بين الصفيحتين الزجاجيتين، لذلك نستطيع التحكم بطول موجة الاشعاع المارة من خلال الفلتر اذا اخترنا اللون والسمك المناسب للفلتر.

3- غرفة الاحتراق: حيث يتم خلط الهواء مع غاز البيوتان أو البروبان للحصول على اللهب. ووظيفة اللهب هو تحويل المحلول الى ذرات حرة و أيونات وكذلك اطلاق اشعاع ضوئي.

4- الكاشف: وهو عبارة عن خلية كهروضوئية وظيفتها تحويل الاشعاع الساقط عليها من الفلتر الى تيار كهربائي. وتتكون الخلية الكهروضوئية من قطب كاثود متصل مع مصدر ثابت للجهد السالب و كذلك قطب موجب على شكل سلك معدني ويكون سطح القطب السالب مغطى بطبقة حساسة بحيث اذا سقط عليها الاشعاع الضوئي فإنها تطلق الكترونات تتناسب مع شدة هذا الاشعاع، وهذه الالكترونات بدورها تنطلق الى القطب الموجب وبالتالي يجري تيار كهربائي بين القطبين تتناسب شدته مع شدة الاشعاع.

5- المضخم: لتضخيم التيار الكهربائي المتولد في الخلية الكهروضوئية لانه يكون ذو قيمة بسيطة و حتى يمكن قياسه.



الشكل (1) الأجزاء الرئيسية في جهاز اللهب الطيفي



الشكل (2) جهاز اللهب الطيفي

خطوات العمل:

1- يوصل الجهاز بمصدر الطاقة الكهربائية.
2- ملاحظة عملية إشعال اللهب حيث يعطي غاز البروبان عند حرقه لون أزرق سماوي صافي.
3- معايرة جهاز اللهب الطيفي بأخذ عينة من الماء المقطر و تثبيت مؤشر التدريج النسبي على القيمة (صفر) بعد ذلك عينة من المحلول النظامي و تثبيت المؤشر عند القيمة 100%. و بهذا يكون الجهاز معايرا جاهزا لاجراء التجربة.
4- تحضير محلول قياسي لتر واحد من محلول كلوريد الصوديوم تركيزه 1000 PPm.
5- جهز خمسة دوارق سعة 100 مل وتؤخذ حجوم معينة من كلوريد الصوديوم القياسي.
6- اختيار فلتر الصوديوم والبدء بقياس المحاليل المحضرة سابقا والمعروف تركيزها.

النتائج ومناقشتها:

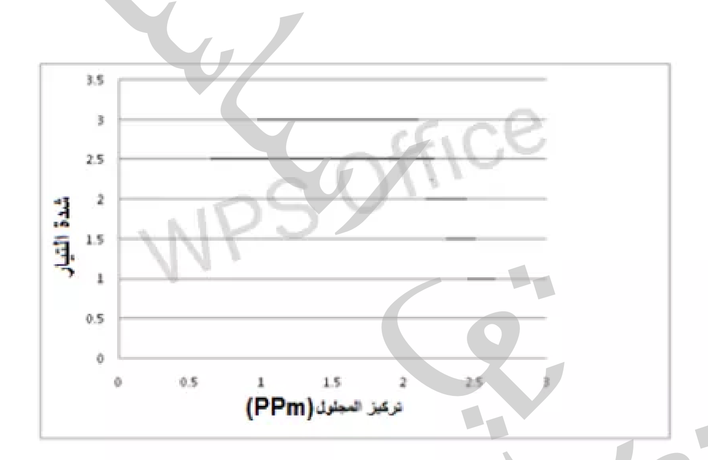
1- احسب تركيز كل المحاليل التي تم تحضيرها مسبقا.

2- ارسم منحنى المعايرة العلاقة بين التركيز و شدة التيار.

3- جد من الرسم البياني تركيز المحلول المجهول.

4- سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.

رقم المحلول	حجم (NaCl) مل	تركيز (NaCl) PPm	شدة التيار
1			
2			
3			
4			
العينة المجهولة			



تجربة (8) التحكم في العمليات الكيميائية

الهدف:

1- التعرف على أهمية استخدام التحكم الالي في متغيرات الإنتاج الصناعي مثل درجة الحرارة والضغط وقياس التدفق ومستوى السائل.....الخ.
2- معرفة المفاهيم الأساسية والمصطلحات الأساسية المستخدمة في تحليل أنظمة التحكم الالي.

النظرية:

تعد نظرية التحكم الآلي من أهم النظريات المستخدمة في إدارة العمليات الصناعية و الإنتاجية. لما أدى الى جودة المنتجات وانخفاض التكاليف. وقد أدت السرعة الكبيرة لسريان العمليات الصناعية و الانتاجية وارتفاع متطلبات الدقة و الجوده الى انتشار نظم التحكم الأوتوماتيكي والهدف من نظام التحكم الحفاظ على بعض خصائص العملية (متغير التحكم) عند قيمة محددة وأن تغييرها يتبع قانون معلوم يتم أليا دون تدخل الإنسان.

يتم التحكم في درجة الحرارة، و الضغط و معدل تدفق السائل و مستوى السائل عن طريق غرفة التحكم. و تضم غرفة التحكم الأجزاء التي تناظر دماغ الإنسان للقيام بالتحكم في العمليات التي بطبيعتها ديناميكية.

التحكم الآلي: هو عملية يتم فيها بشكل متواصل تحسس كمية يراد تنظيمها، ومقارنتها مع كمية أخرى ، و بالاعتماد على نتيجة المقارنة يتم التأثير على الكمية المراد تنظيمها و مقارنتها مع الكمية المنظمة.

**** المعدات الرئيسية لنظم التحكم الآلي:**

يتكون أي نظام تحكم control system من المكونات الآتية:

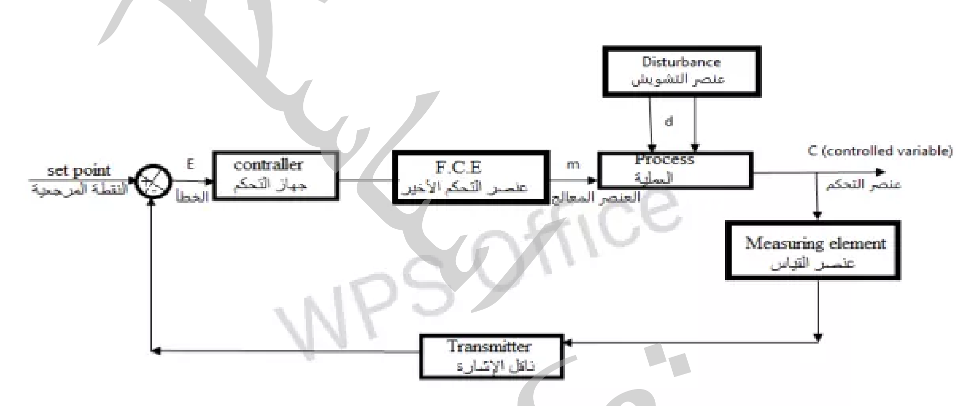
1- العملية المتحكم فيها Process وهو النظام الموجود أو العملية المراد التحكم فيها مثل (المفاعلات الكيميائية ، المبادلات الحرارية ، وحدات تكرير البترول، وحدات تحليه المياه..........الخ).
2- نظام القياس Measurements وهو النظام الأساسي لأي نظام تحكم عند إتباع نظام المراقبة المركزية. وأي نظام قياس يتكون من:
   - عنصر الحس الابتدائي
   - المرسل

ويعتبران من العناصر الرئيسية في نظام التحكم الالي حيث يقوم بقياس مختلف الكميات الطبيعية مثل الضغط- درجة الحرارة- معدل تدفق السوائل.........

ويقيس العنصر الحساس Sensor الكمية المتحكم فيها لترسل الى المقارن لمعرفة كم انحرفت عن قيمتها المحددة. ويجب أن تحقق العناصر الحساسة:- أن تتمتع بالحساسية المطلوبة وأن يكون حجمها وكتلتها في الحدود المسموح بها.

وفي كثير من الحالات يكون المطلوب من العنصر الحساس كمية كهربائية ويتم ذلك بتوصيل جهاز خاص (محول Transducer) الى العنصر الحساس حيث يقوم المحول بتحويل الإشارة الغير كهربائية الى إشارة كهربائية.

3- المرسلات Transmitters وهي عبارة عن العنصر الحساس Sensor المجمعة مع المحولات Transducer.
4- المنظم Controller وهو جهاز يعمل بقانون معين يسمى قانون التحكم وهذا القانون يحدد العلاقة التي تربط بين إشارة الخطأ و إشارة التحكم التي يخرجها المنظم. ويعتبر المنظم من أهم مكونات منظومة التحكم و يحتاج في تصميمه وضبطه الى عناية فائقة و دراسة دقيقة. و يشمل المنظم في كثير من الأحيان على عنصر المقارنة Comparator.
5- عنصر التحكم النهائي Final Control Devices and Actuators وهو العنصر المنفذ الأخير في نظم التحكم الأوتوماتيكي. و قد يكون صمام أو مضخة أو مفتاح كهربائي أو ضاغطة.



الشكل(1) صندوق التحكم الرئيسي (Block diagram)

**** تنقسم الصمامات الهوائية من حيث الإشارة الهوائية القادمة من جهاز التحكم الى نوعين:**

1- صمام عادي مغلق أو يفتح بالهواء (Air to open) و يستخدم عادة في عمليات التسخين.
2- صمام عادي مفتوح أو يغلق بالهواء (Air to close) و يستخدم عادة في التبريد والتحكم بالضغط والمستوى.

**** بالنسبة للإشارات فهي التي تنتقل و توفر الاتصال بين وحدات نظام التحكم وهي عدة أنواع:**

1- إشارة هوائية (Pneumatic signal) أو ضغط هواء و تتراوح بين Psig (3-15).
2- إشارة كهربائية (Electrical signal) و تتراوح قيمتها بين mA (4-20).
3- إشارة رقمية (Digital signal) و قيمتها (0,1) وتستعمل في أجهزة الكمبيوتر.

في بعض الحالات عندما تكون الإشارة ضعيفة يتم تركيب المضخمات عليها (Amplifiers) لرفع قيمة الإشارة القادمة.

**أنواع تأثيرات المحكمات:

إن الهدف الأساسي لاستخدام نظم التحكم في العمليات الكيميائية هو القضاء على التشويشات التي قد تؤثر على قيم بعض متغيرات العملية عند الحالة المستقرة.

هناك ثلاث تأثيرات رئيسية الخاصة بنظم التحكم بالتغذية العكسية و هي:

1- التأثير التناسبي (Proportional control action) يتميز بوجود عنصر ضبط واحد لعمل المحكم (B.P or Kc)
2- التأثير التكاملي (Integral control action) هناك عنصران ضبط لعمل المحكم (Kc and τ_i)
3- التأثير التفاضلي (Derivative control system) هناك عنصران لضبط عمل المحكم (Kc and τ_d)
4- التأثير التناسبي التكاملي التفاضلي (PID controller) هناك 3 عناصر لضبط عمل المحكم (Kc,τ_i and τ_d)

الجزء الأول : التحكم بمستوى السائل مع تغيير (P)

الهدف:

1- دراسة تأثير تغير (Proportional Band) في عملية التحكم بتغيير المتحكم على عدة مستويات من ال P.



الشكل (2) جهاز تحكم PCT 100

الخطوات:

1- تشغيل البرنامج (PCT 100)
2- اختار تجربة التحكم بمستوى السائل.
3- نختار النقطة المرجعية set point = 30 cm
4- نحدد PG =1 باقي عناصر الضبط صفر.
5- نضغط على زر ابدأ Start
6- عند ثبات المستوى نأخذ القراءات.
7- نعيد التجربة بعد تغيير PG إلى 2
8- نقارن بين القراءات

النتائج ومناقشتها:

Set point	PG	Steady state	offset	Set point	PG	Steady state	offset
30	1			30	6		
30	2			30	8		
30	5			30	10		

1- احسب قيمة الخطأ (Offset) وهي عبارة عن الفرق بين القيمة المرغوب فيها والقيمة المقاسة عند حالة الاستقرار.

2- سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.

الجزء الثاني : التحكم بمستوى السائل مع تغيير الوقت التكاملي (I)

الهدف:

1- دراسة تأثير الوقت التكاملي (Integral Time) في عملية التحكم بشكل عام بتغيير العنصر المتحكم على عدة مستويات من τ_1 ونثبت في المقابل PG.

الخطوات:

1- تشغيل برنامج (PCT-100)
2- اختيار تجربة التحكم بمستوى السائل
3- نختار النقطة المرجعية set point =30 cm.
4- نثبت PG=5 ونحدد $\tau_1 = 100$.
5- نضغط على زر ابدأ start.
6- عند ثبات المستوى نأخذ القراءات.
7- عند ثبات المستوى نأخذ القراءات.
8- نعيد التجربة بعد تغيير قيمة τ_1.
9- نقارن بين القراءات.

النتائج ومناقشتها:

Set point	PG	τ_1	Steady state	offset	Set point	PG	τ_1	Steady state	offset
30	5	100			30	5	5		
30	5	50			30	5	3		
30	5	10			30	5	1		

1- احسب قيمة الخطأ (Offset)
2- سجل ملاحظاتك على هذه التجربة.



الشكل (3) جهاز تحكم بمستوى و تدفق السائل



الشكل (4) جهاز تحكم بدرجة الحرارة

تم بحمد الله